

ICS 17.180

N 30

备案号: 40626—2013

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 11532—2013

线性渐变中性密度滤光片

Linear variable neutral density filters

2013-04-25 发布

2013-09-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布



中 华 人 民 共 和 国
机 械 行 业 标 准
线 性 渐 变 中 性 密 度 滤 光 片
JB/T 11532—2013

*

机 械 工 业 出 版 社 出 版 发 行
北 京 市 百 万 庄 大 街 22 号
邮 政 编 码：100037

*

210mm×297mm·1 印 张·32 千 字
2013 年 11 月 第 1 版 第 1 次 印 刷
定 价：18.00 元

*

书 号：15111·10970
网 址：<http://www.cmpbook.com>
编 辑 部 电 话：(010) 88379778
直 销 中 心 电 话：(010) 88379693
封 面 无 防 伪 标 均 为 盗 版

版 权 专 有 侵 权 必 究

目 次

| | |
|-------------------------------|----|
| 前言..... | II |
| 1 范围..... | 1 |
| 2 规范性引用文件..... | 1 |
| 3 术语和定义..... | 1 |
| 4 分类..... | 2 |
| 4.1 条形变密度片..... | 2 |
| 4.2 圆形变密度片..... | 2 |
| 5 要求..... | 4 |
| 5.1 光学性能..... | 4 |
| 5.2 表面疵病..... | 4 |
| 5.3 环境适应性..... | 4 |
| 5.4 膜层的抗磨强度..... | 4 |
| 5.5 膜层附着力..... | 4 |
| 6 试验方法..... | 4 |
| 6.1 光学性能..... | 4 |
| 6.2 表面疵病..... | 7 |
| 6.3 环境适应性..... | 7 |
| 6.4 膜层的抗磨强度..... | 8 |
| 6.5 膜层附着力..... | 8 |
| 7 检验规则..... | 9 |
| 7.1 检验分类..... | 9 |
| 7.2 出厂检验..... | 9 |
| 7.3 型式检验..... | 9 |
| 8 标志、包装、运输和贮存..... | 10 |
| 8.1 标志..... | 10 |
| 8.2 包装..... | 10 |
| 8.3 运输..... | 10 |
| 8.4 贮存..... | 10 |
| 附录 A (规范性附录) 变密度片线性度计算方法..... | 11 |
| A.1 获得直线拟合公式..... | 11 |
| A.2 计算理想光密度..... | 11 |
| A.3 计算偏差..... | 11 |
| A.4 得出最大偏差..... | 11 |
| A.5 计算线性度..... | 11 |
| 附录 B (资料性附录) 常规比对法检测装置..... | 12 |

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由机械工业仪器仪表元器件标准化技术委员会（CMIF/TC17）归口。

本标准起草单位：沈阳仪表科学研究所有限公司、沈阳汇博光学技术有限公司、国家仪器仪表元器件质量监督检验中心、传感器国家工程研究中心、中国仪器仪表学会仪表元件分会、大恒新纪元科技股份有限公司。

本标准主要起草人：张勇喜、费书国、金秀、阴晓俊、赵帅锋、杨文华、徐秋玲、郑浩、殷波、俞蕾。

本标准为首次发布。

线性渐变中性密度滤光片

1 范围

本标准规定了线性渐变中性密度滤光片（以下简称“变密度片”）的术语和定义、分类、要求、试验方法、检验规则、标识、包装、运输和贮存。

本标准适用于以无色光学玻璃为基底，通过真空镀制光学薄膜而制造的线性渐变中性密度滤光片。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1185—2006 光学零件表面疵病

GB/T 2828.1—2003 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件

GB/T 26331—2010 光学薄膜元件环境适应性试验方法

GB/T 26332.1—2010 光学和光学仪器—光学薄膜 第1部分：定义

3 术语和定义

GB/T 26332.1—2010 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光谱透射率 transmittance（以下简称“透射率”）

透过的与入射的辐射能通量或光通量的光谱密集度之比，取百分比形式，用符号 $T(\lambda)$ 表示。

3.2

光密度 optical density

光谱透射率的负对数表示形式，用符号 $D(\lambda)$ 表示。

注：光密度 $D(\lambda)$ 与透射率 $T(\lambda)$ 之间存在公式（1）所示的关系：

$$D(\lambda) = -\lg[T(\lambda)] \cdots \cdots (1)$$

3.3

衰减量 attenuation

光谱透射率的分贝（dB）表示形式，用于表征零件对光量的衰减能力，用符号 $A(\lambda)$ 表示。

注1：衰减量 $A(\lambda)$ 与透射率 $T(\lambda)$ 之间存在公式（2）所示的关系：

$$A(\lambda) = -10\lg[T(\lambda)] \cdots \cdots (2)$$

注2：衰减量 $A(\lambda)$ 与光密度 $D(\lambda)$ 之间存在公式（3）所示的关系：

$$A(\lambda) = 10D(\lambda) \cdots \cdots (3)$$

3.4

设计波长 **design wavelength**

变密度片的使用波长或使用波长范围的中心，用 λ_0 表示。

注：一般来说采购文件所指波长就是变密度片的设计波长，若采购文件没有指明，则 $\lambda_0=550\text{ nm}$ 。

3.5

最深区 **end point**

变密度片光密度不再增加的区域或位置。

3.6

终点光密度 **end point density**

变密度片最深区在设计波长位置的光密度，用 $D_e(\lambda_0)$ 表示。

3.7

标称光密度 **nominal density**

变密度片理想的或预期达到的终点光密度，用 $D_n(\lambda_0)$ 表示。

3.8

中性度 **density neutrality**

在某一波长范围内，光密度随波长变化的差异程度，用符号 N_e 表示。

注：标准中性度（Standard Density Neutrality）特指400 nm~700 nm波长范围内的中性度，通常所指的中性度或没有指定光谱范围的中性度都按标准中性度来处理。

3.9

线性度 **linearity**

在设计波长处，变密度片线性区段光密度随位置（角度）的变化曲线与参比直线的最大偏差，用实测终点光密度的百分比来表示，记为 vL 。

注：参比直线为最小二乘直线。

4 分类

4.1 条形变密度片

条形变密度片一般呈矩形，图1为一典型示例。条形变密度片渐变区从 x_0 位置开始；在 x_0 的前端是空白区；在 x_1 的后端是均匀区，也是变密度片的最深区；在 x_0 到 x_1 之间光密度沿 x 方向线性变化，当 x 固定时，光密度沿 y 轴方向不变化。按图1中虚线建立直角坐标系，点 $P(x, y)$ 是条形变密度片线性区内的任意点，则条形变密度片 P 点的光密度可按公式(4)表示。

$$D(x, y) = Kx + B \dots \dots \dots (4)$$

式中：

K ——光密度变化率；

B ——常数；

x —— P 点的横坐标位置；

y —— P 点的纵坐标位置；

$D(x, y)$ ——条形变密度片 $P(x, y)$ 点的光密度。

4.2 圆形变密度片

圆形变密度片一般是圆形的，图2为一典型示例。 0° 到 θ_0 为空白区； θ_0 到 θ_1 为线性变化区——光密度随角度线性变化，当角度固定时，半径方向光密度不变化； θ_1 到 360° 为均匀区，即变密度片的最深区。将圆形变密度片的圆心作为极点，空白区与最深区的交界线作为极轴，点 $P(\rho, \theta)$ 是圆形变密度

片线性区内的任意点，则圆形变密度片 P 点的光密度可按公式 (5) 表示。

$$D(\rho, \theta) = K\theta + B \dots\dots\dots (5)$$

式中：

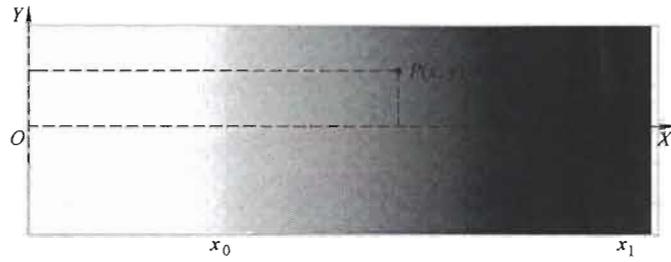
K ——光密度变化率；

B ——常数；

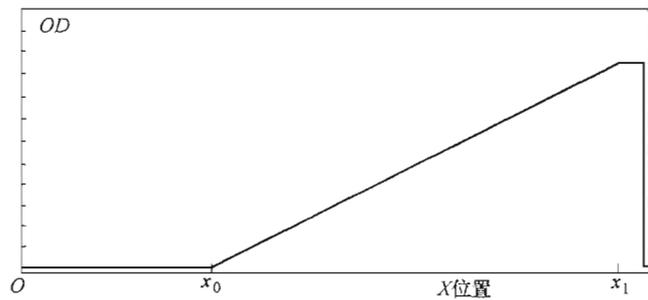
ρ —— P 点的极半径；

θ —— P 点的极角；

$D(\rho, \theta)$ ——变密度片 P 点的光密度。

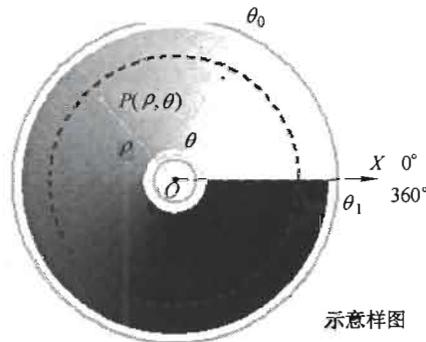


示意样图

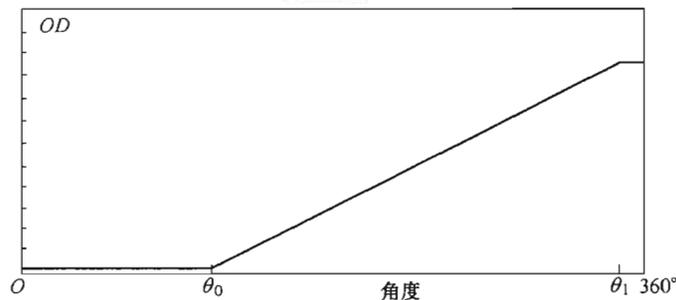


理想光密度曲线

图 1 条形变密度片及光密度曲线



示意样图



理想光密度曲线

图 2 圆形变密度片及光密度曲线

5 要求

5.1 光学性能

5.1.1 终点光密度

终点光密度与标称光密度偏差应不超过 $\pm 5\%$ 。

5.1.2 标准中性度

标准中性度应不超过 $\pm 5\%$ 。

5.1.3 线性度

变密度片的线性度应不超过 $\pm 5\%$ 。

5.2 表面疵病

变密度片表面疵病的检验应按 GB/T 1185—2006 进行，表面疵病公差应满足 C 1 \times 0.4 的要求，长擦痕公差应满足 L 10 \times 0.063 的要求。

5.3 环境适应性

5.3.1 高低温循环

按 6.3.1 的方法试验后，其光学性能应符合 5.1 的规定。

5.3.2 交变湿热

按 6.3.2 的方法试验后，其光学性能应符合 5.1 的规定。

5.4 膜层的抗磨强度

按 6.4 的方法试验后，变密度片的膜层不磨破。

5.5 膜层附着力

按 6.5 的方法试验后，变密度片的膜层不脱落。

6 试验方法

6.1 光学性能

6.1.1 测试条件

6.1.1.1 测试仪器

分光光度计：测试光光谱宽度小于 5 nm，波长准确度应不超过 ± 1 nm，光密度测试能力应优于试样的光密度要求。

激光光功率计：测量准确度应不超过 ± 0.1 dB，激光光源的偏振态不发生变化，光密度测试能力应优于试样的光密度要求。

仲裁原则：当检测光密度值大于 4 时，以激光光功率计为准，其他以分光光度计为准。

6.1.1.2 测试光斑大小

测试光斑应小于变密度片最深区，或者线性增长方向的尺寸小于线性区段总尺寸的 1/50。

6.1.1.3 测试环境

环境温度：15℃~35℃。

相对湿度：不超过 75%。

周围没有会引起变密度片腐蚀的气体。

6.1.2 终点光密度

采用分光光度计需将分光光度计的光谱宽度设定小于 5 nm，测试波长调整到设计波长，将变密度片垂直放入测量光路进行测试。若采用激光功率计需将测试波长调整到设计波长，激光强度小于 10 mW，准确对准测量光路，将变密度片以 3°~5°（不垂直，防止干扰）的入射角放入测量光路进行测试。测量光斑应处在变密度片最深区域的中心或尽可能靠近薄膜的终点，如图 3 所示的剖面线区域。测试结果应符合 5.1.1 的规定。



图 3 变密度片终点光密度检测位置

6.1.3 标准中性度

标准中性度只能采用分光光度计检测，分光光度计测量条件应满足 6.1.1 的要求。分光光度计光谱宽度设定小于 5 nm，波长扫描范围为 400 nm~700 nm，波长扫描间隔小于 5 nm。变密度片垂直放入测量光路，测量光斑对准变密度片光密度等于 1 的位置（如果终点光密度小于 1，则为最深区位置，如图 3 所示；如果终点光密度大于 1，则按 6.1.4.1 或 6.1.4.2 逐步寻找到光密度等于 1 的位置）。图 4 为测量结果示意图，标准中性度按公式（6）计算，计算出的中性度应符合 5.1.2 的要求。

$$Ne = \frac{(D_p - D_m)/2}{D_a} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中：

Ne ——中性度；

D_m ——光密度最小值；

D_p ——光密度最大值；

D_a ——光密度平均值。

6.1.4 线性度

6.1.4.1 条形变密度片检测路径

如图 5 所示，条形变密度片的检测点应处在镀膜区域的中心，并且沿平行于 X 轴的方向移动。

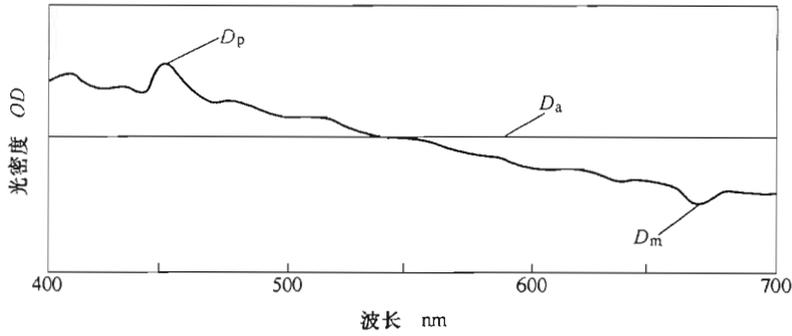


图4 光密度光谱曲线

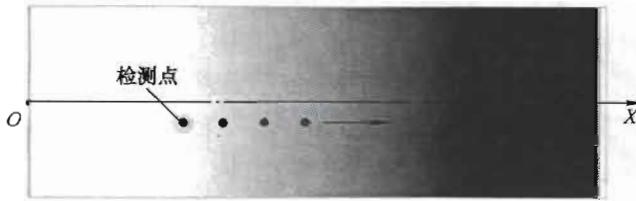


图5 条形变密度片线性度检测区域及路径

6.1.4.2 圆形变密度片检测路径

如图6所示，圆形变密度片的检测点在镀膜环带的中心，且绕圆形变密度片的圆心旋转。

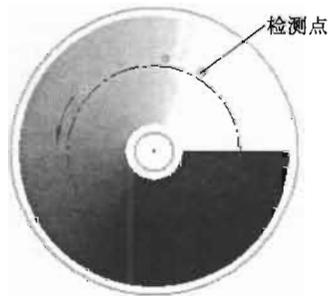


图6 圆形变密度片线性度检测区域及路径

6.1.4.3 光密度的逐点检测

采用分光光度计需将分光光度计的光谱宽度设定小于 5 nm，测试波长调整到设计波长，将变密度片垂直放入测量光路进行测试。若采用激光功率计需将测试波长调整到设计波长，激光强度小于 10 mW，准确对准测量光路，将变密度片以 3° ~5° 的入射角放入测量光路（不垂直，防止干扰）进行测试。按 6.1.4.1 要求等间隔地平移条形变密度片，或者按 6.1.4.2 要求等间隔地旋转圆形变密度片。逐点检测，逐点记录测试数据，线性区段的检测点应多于 20 个，记为：(x_i, D_i) 或 (θ_i, D_i)（其中 i=1, 2, 3, …, N）。

6.1.4.4 线性度的计算

采用统计的方法计算出线性度。按公式（7）计算：

$$vL = \frac{\Delta D_{\max}}{D_e} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中：

vL——线性度；

ΔD_{\max} ——最大偏差；

D_e ——终点光密度。

详细计算过程及实例见附录 A。

6.1.4.5 线性度的作图法验证

条形变密度片和圆形变密度片的线性度也可以用作图法来验证其合格与否，如图 7 所示。将所测线性区数据点 (x_i, D_i) 绘制到一张坐标纸上，同样采用最小二乘法得到拟合直线 $(D=Kx+B)$ 。将趋势线同时向上和向下平移，平移量为 $5\%D_e$ (5% 为 5.1.3 所提出的线性度要求)。当所有线性区测量点都落在上平移线 $(D=Kx+B+5\%D_e)$ 和下平移线 $(D=Kx+B-5\%D_e)$ 之间，则说明被测样品的线性度满足了 5.1.3 要求。

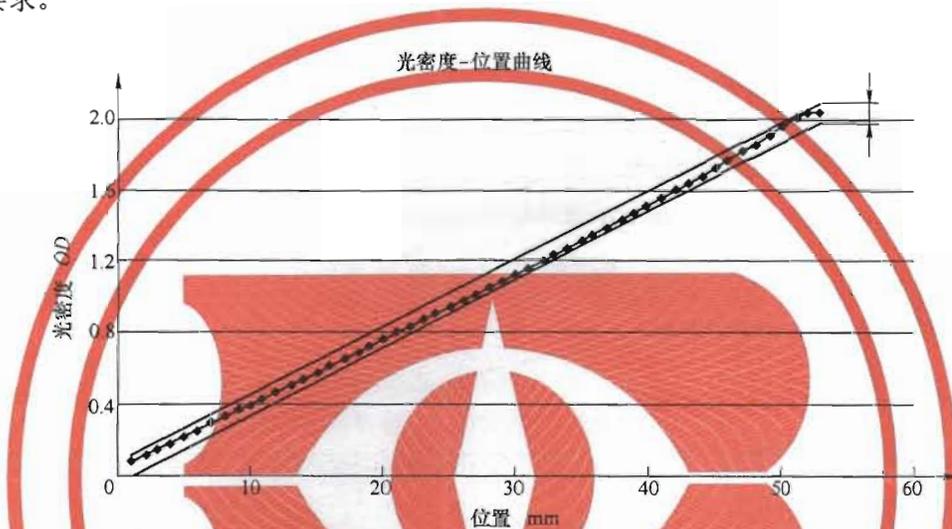


图 7 线性度作图验证法

6.2 表面疵病

按照 GB/T 1185—2006 中 6.1.3 规定的常规比对法进行检验时，检验装置参考本标准附录 B。检验结果应符合 5.2 的规定。

6.3 环境适应性

6.3.1 高低温循环

按照 GB/T 26331—2010 中 4.3.2 的试验方法，高低温循环试验方法如下：

首次循环前应增加 30 min 的温度稳定时间，使温度从室温稳定到 23°C ；低温 $-40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 保持 3 h；高温 $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 保持 3 h；两个温度状态交替时，温度的平均变化率应在 $0.8^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 到 $1.2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 之间；当温度变化经过低温状态和高温状态，再次回到 23°C 时，所经历的时间为一个循环周期。温度变化曲线如图 8 所示。

按此试验方法进行五个循环周期试验，试验结束后在室温下恢复 1 h，进行光学性能试验，其结果应符合 5.3.1 的规定。

6.3.2 交变湿热

按照 GB/T 26331—2010 中 4.4.2 的试验方法，交变湿热试验方法如下：

每 24 h 为一个循环周期；首次循环 0 h~2 h 内包含 30 min 的稳定时间，使温度从室温稳定到 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度达到 85%，此后循环不包含该段时间。普通周期内温度变化的要求为：0 h~2 h，

温度从 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 以均匀速率变化到 $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；2 h~8 h，温度保持在 $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 范围内；8 h~24 h，温度从 $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 以均匀速率变化到 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。一个周期内相对湿度变化的要求为：0 h~4 h，相对湿度不低于 85%；4 h~8 h，相对湿度为 90%~95%；8 h~24 h，相对湿度不低于 85%。温度和相对湿度变化如图 9 所示。

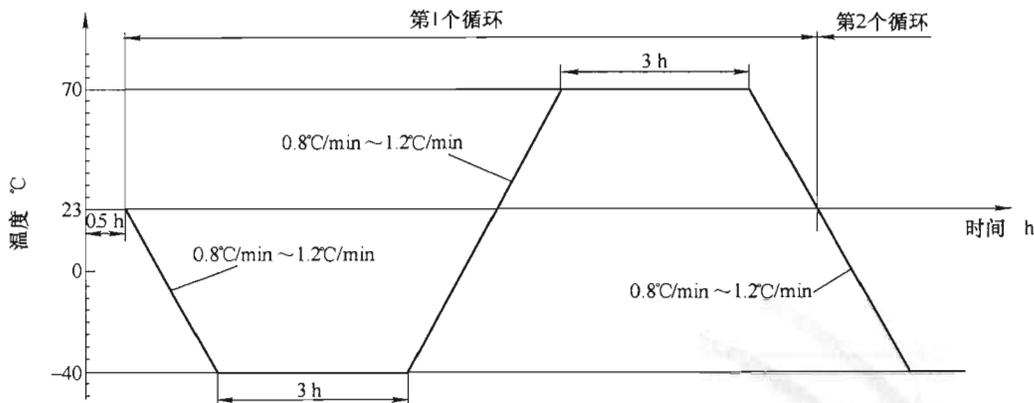


图 8 高低温循环试验温度变化曲线图

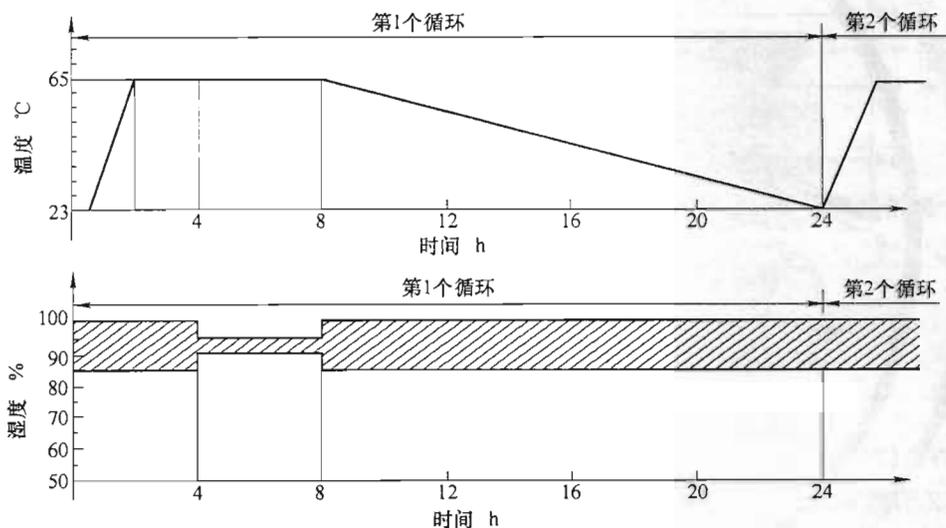


图 9 交变湿热试验温度及相对湿度变化图

按此试验方法进行 10 个循环周期试验，试验结束后在室温下恢复 1 h，进行光学性能试验，其结果应符合 5.3.2 的规定。

6.4 膜层的抗磨强度

按照 GB/T 26331—2010 中 4.9.2 的试验方法，摩擦试验方法如下：

按严酷等级 01 级进行试验。将清洁干燥的脱脂棉纱布叠为 6 层包裹在橡皮上制成摩擦头，摩擦头垂直于膜层，接触区域为直径约 10 mm 的圆，保持摩擦头对膜层的垂直压力为 4.9 N (0.5 kg) 进行摩擦试验。摩擦的行程长度约为摩擦头直径的两倍，摩擦应沿同一轨迹往返 25 个周期 (摩擦 50 次)。

试验后，其结果应符合 5.4 的要求。

6.5 膜层附着力

6.5.1 试验用品

胶带，宽度为 12 mm~13 mm、长度为 2 cm 的剥离强度不小于 6.86 N。

6.5.2 试验程序

将胶带粘在膜层表面，胶带与膜层之间不能有气泡存在。以垂直于膜层表面方向的力沿胶带一端拉起。胶带应突然拉起（速度 $\gg 25$ mm/s）。

试验后，其结果应符合 5.5 的要求。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品的检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 检验项目

每件变密度片应经出厂检验合格，方可出厂，检验项目及检验顺序见表 1。

表 1 检验项目

| 序号 | 检验项目 | 要求 | 试验方法 | 出厂检验 | 型式检验 | 检验项目不合格类型 |
|----|---------|-------|-------|------|------|-----------|
| 1 | 终点光密度 | 5.1.1 | 6.1.2 | √ | √ | A |
| 2 | 标准中性度 | 5.1.2 | 6.1.3 | — | √ | B |
| 3 | 线性度 | 5.1.3 | 6.1.4 | √ | √ | A |
| 4 | 表面疵病 | 5.2 | 6.2 | √ | √ | A |
| 5 | 高低温循环 | 5.3.1 | 6.3.1 | — | √ | B |
| 6 | 交变湿热 | 5.3.2 | 6.3.2 | — | √ | B |
| 7 | 膜层的抗磨强度 | 5.4 | 6.4 | — | √ | B |
| 8 | 膜层附着力 | 5.5 | 6.5 | — | √ | B |

注：“√”为检验项目，“—”为不检验项目。

7.2.2 检验原则及判断

终点光密度在产品出厂数量小于等于 10 件时采用逐件检验，大于 10 件采用抽样检验。表面疵病应逐件检验。线性度每一批次产品抽检一次（片）。

终点光密度若不合格，则本件产品不合格，若抽样检验不合格则整批产品不合格。

表面疵病若不合格，则本件产品不合格。

线性度若不合格，则整批产品不合格。

7.2.3 抽样方案

终点光密度抽样检验时，按 GB/T 2828.1—2003 中的一次抽样方案，一般检验水平 II，接收质量限（AQL）为 1.5。

7.3 型式检验

7.3.1 检验项目

型式检验的检验项目和检验顺序按表 1 进行检验。

7.3.2 检验周期

型式检验一般每两年进行一次，产品有下列情况之一时应进行型式检验：

- a) 新产品的试制定型鉴定；
- b) 老产品转厂生产；
- c) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异；
- e) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求。

7.3.3 检验规则及判断

进行型式检验的样品，应从经出厂检验合格的同一批次产品中随机抽取 5 片。抽取的样品应能代表现阶段的生产水平。

B 类不合格检测项目中有一项不合格，则判定整批不合格。

7.3.4 样品的处理

经型式检验的样品，不能交付用户使用。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

在包装袋的适当位置应标明型号，在变密度片的包装箱（盒）上应标明：

- a) 产品名称、型号规格及数量；
- b) 防护标志；
- c) 装箱日期；
- d) 装箱员编号；
- e) 生产单位名称或商标；
- f) 执行标准编号。

8.2 包装

变密度片包装应符合 GB/T 13384—2008 的规定，包装内附文件应包含：

- a) 装箱清单；
- b) 产品合格证明文件；
- c) 其他相关文件资料。

8.3 运输

变密度片允许采用各种运输工具运输。在运输过程中应防压并防止受到剧烈冲击、雨淋。

8.4 贮存

经包装后的变密度片应存放在 0℃~40℃，相对湿度不超过 85%，无腐蚀性气体的洁净环境内。

附 录 A
(规范性附录)
变密度片线性度计算方法

A.1 获得直线拟合公式

假定表 A.1 为一组实测数据，终点光密度 D_e 为 2.02。

表 A.1

| | | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 位置 x | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| 光密度 D | 0.06 | 0.27 | 0.47 | 0.69 | 0.89 | 1.11 | 1.30 | 1.49 | 1.68 | 1.85 | 2.02 |

根据此组数据，采用最小二乘法可得到其拟合直线公式见式 (A.1)：

$$D=0.0396x+0.0864 \dots \dots \dots (A.1)$$

A.2 计算理想光密度

根据拟合直线公式计算出各点的理想光密度 \bar{D} ，见表 A.2。

表 A.2

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 位置 x | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| \bar{D} | 0.086 | 0.284 | 0.482 | 0.680 | 0.878 | 1.076 | 1.274 | 1.472 | 1.670 | 1.868 | 2.066 |

A.3 计算偏差

实测光密度与理想光密度偏差计算公式见式 (A.2)：

$$\Delta D = D - \bar{D} \dots \dots \dots (A.2)$$

计算结果见表 A.3。

表 A.3

| | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 位置 x | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| 偏差 ΔD | -0.026 | -0.014 | -0.012 | 0.010 | 0.012 | 0.034 | 0.026 | 0.018 | 0.010 | -0.018 | -0.046 |

A.4 得出最大偏差

最大偏差为：-0.046。

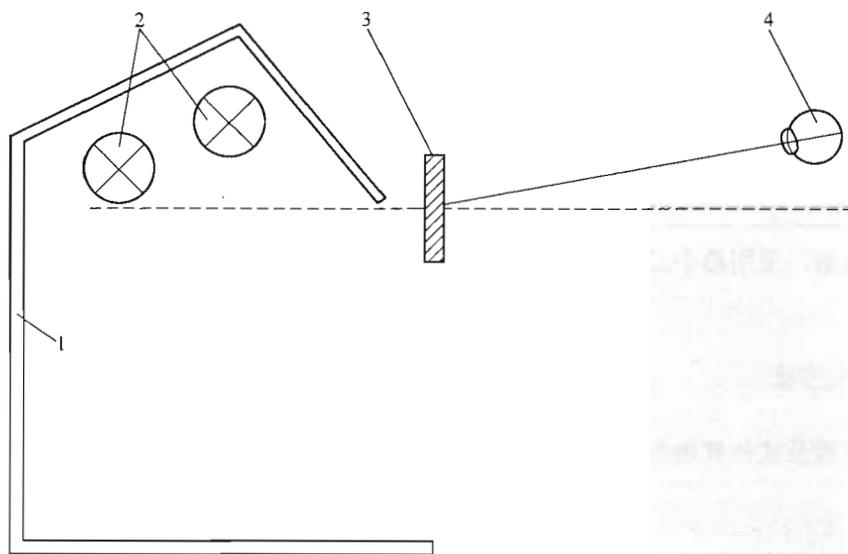
A.5 计算线性度

线性度见式 (A.3)：

$$vL = \frac{-0.046}{2.02} \times 100\% = -2.27\% \dots \dots \dots (A.3)$$

附录 B
(资料性附录)
常规比对法检测装置

常规比对法检测装置如图 B.1 所示。



1——黑色消光涂层；2——荧光灯；3——被检零件；4——眼睛。

图 B.1 常规比对法检测装置

版权专有 侵权必究

*

书号：15111·10970

定价：18.00 元



JB/T 11532—2013